



Docket No.: 2002-012017

# 7 0480

PATENT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of :  
Masaki OHMURA, et al. :  
Serial No.: 10/051,299 : Group Art Unit:  
Filed: January 22, 2002 : Examiner: not yet assigned  
For: LIGHT WAVEGUIDE TYPE GRATING DEVICE AND A METHOD OF  
MAKING THEREOF

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS**

Honorable Commissioner for Patents and Trademarks  
Washington, D. C. 20231

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following applications:


**Japanese Application No. 2002-012017, filed January 21, 2002;**

**Japanese Application No. 2001-209826, filed July 10, 2001.**

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202)756-8000 AJS:lrb  
Facsimile: (202)756-8087  
**Date: July 19, 2002**

50212-338  
OHMURA, et al.

1/22/02

10/051,299

McDermott, Will & Emery



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application: 2001年 7月10日

出願番号

Application Number: 特願2001-209826

[ ST.10/C ]:

[ JP 2001-209826 ]

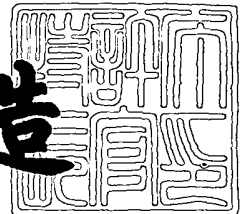
出願人

Applicant(s): 住友電気工業株式会社

2002年 6月20日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3049272

【書類名】 特許願

【整理番号】 101Y0194

【提出日】 平成13年 7月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00  
H01S 3/10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 大村 真樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 茂原 政一

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路型回折格子素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路の長手方向に沿って  $N$  ( $N$  は 2 以上の整数) 個の屈折率変調部が形成されており、

前記  $N$  個の屈折率変調部それぞれの屈折率等位面に垂直な直線が前記光導波路の光軸と平行でなく、

前記  $N$  個の屈折率変調部それぞれの屈折率等位面に垂直な直線と前記光導波路の光軸とがなす偏角面が互いに一致しておらず、

前記  $N$  個の屈折率変調部のうちの何れか 2 つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なっている

ことを特徴とする光導波路型回折格子素子。

【請求項 2】 前記  $N$  個の屈折率変調部それぞれの偏角面が前記光導波路の光軸の回りに  $180^\circ / N$  ずつずれていることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路型回折格子素子。

【請求項 3】 前記  $N$  個の屈折率変調部それぞれは、屈折率等位面に垂直な直線と前記光導波路の光軸とがなす角度が互いに同一であり、前記光導波路の長手方向に沿った形成領域の長さが互いに同一であり、屈折率変調周期が互いに同一であり、屈折率変調振幅が互いに同一であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路型回折格子素子。

【請求項 4】 透過損失が最大となる波長において偏波依存損失が透過損失最大値の  $1/10$  以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路型回折格子素子。

【請求項 5】 光導波路の長手方向に沿って  $N$  ( $N$  は 2 以上の整数) 個の屈折率変調部を、屈折率等位面に垂直な直線が前記光導波路の光軸と平行とならないようにして順次に形成するとともに、

第  $n$  ( $n$  は 2 以上  $N$  以下の整数) 番目の屈折率変調部を形成する際に、屈折率等位面に垂直な直線と前記光導波路の光軸とがなす偏角面が、既に形成した第 1 番目～第  $(n-1)$  番目の屈折率変調部それぞれの偏角面の何れとも一致しないよ

うにし、

前記N個の屈折率変調部のうちの何れか2つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なるようにして、

光導波路型回折格子素子を製造することを特徴とする光導波路型回折格子素子製造方法。

【請求項6】 前記N個の屈折率変調部それぞれの偏角面を前記光導波路の光軸の回りに180度/Nずつずらすことを特徴とする請求項5記載の光導波路型回折格子素子製造方法。

【請求項7】 前記N個の屈折率変調部それぞれを形成する際に、屈折率等位面に垂直な直線と前記光導波路の光軸とがなす角度を互いに同一にし、前記光導波路の長手方向に沿った形成領域の長さを互いに同一し、屈折率変調周期を互いに同一にし、屈折率変調振幅を互いに同一にすることを特徴とする請求項5記載の光導波路型回折格子素子製造方法。

【請求項8】 透過損失をモニタしながら前記N個の屈折率変調部それぞれを形成することを特徴とする請求項5記載の光導波路型回折格子素子製造方法。

【請求項9】 偏波依存損失をモニタしながら前記N個の屈折率変調部それぞれを形成することを特徴とする請求項5記載の光導波路型回折格子素子製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路の長手方向に沿って屈折率変調部が形成された光導波路型回折格子素子およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光導波路型回折格子素子は、光導波路（例えば光ファイバ）における長手方向に沿った所定範囲に亘って屈折率変調部が形成されたものである。通常的光導波路型回折格子素子は、屈折率等位面（屈折率変調部における屈折率が等位となる面）に垂直な直線が光導波路の光軸と平行である。この場合、屈折率変調周期が

$\Lambda$ であり、光導波路の屈折率変調部における平均の実効屈折率が  $n_{ave}$  であれば、この光導波路型回折格子素子は、 $\lambda = 2 n_{ave} \Lambda$  なる式で表されるブラッグ条件式を満たす反射波長  $\lambda$  の光を選択的に反射し、他の波長の光を透過する。この屈折率変調部において反射された反射波長  $\lambda$  の光は、入射時と逆の方向に光導波路を伝搬していく。

## 【 0 0 0 3 】

これに対して、屈折率等位面に垂直な直線が光導波路の光軸と平行でない光導波路型回折格子素子（以下「傾斜型回折格子素子」と言う。）が知られている（例えば文献「M. J. Holmes, et al., "Ultra Narrow-Band Optical Fibre Sideband Filters", ECOC'98, pp.137-138 (1998)」を参照）。図7は、従来の傾斜型回折格子素子の説明図である。同図（a）は、傾斜型回折格子素子の光軸を含む面で切断したとき断面図であり、同図（b）は、光軸に垂直な面で切断したときの断面図である。この図に示される従来の傾斜型回折格子素子2は、高屈折率のコア領域11および低屈折率のクラッド領域12を有する光ファイバ10において、そのコア領域11の長手方向に沿った所定範囲に亘って屈折率変調部13が形成されたものである。そして、屈折率変調部13における屈折率等位面Lに垂直な直線Aは、光ファイバ10の光軸（図中のx軸）と平行でなく、直線Aと光軸とがなす角度  $\theta$  は0でない。この場合、直線Aに沿った屈折率変調周期が  $\Lambda$  であり、屈折率変調部13における平均の実効屈折率が  $n_{ave}$  であれば、この傾斜型回折格子素子2は、 $\lambda = 2 n_{ave} \Lambda / \sin \theta$  なる式で表されるブラッグ条件式を満たす反射波長  $\lambda$  の光を選択的に反射し、他の波長の光を透過する。この屈折率変調部13において反射された反射波長  $\lambda$  の光は、光ファイバ10を伝搬していくことなく、光ファイバ10の外部へ放射される。すなわち、この傾斜型回折格子素子2は低反射の損失フィルタとして作用する。したがって、傾斜型回折格子素子2は、例えば光ファイバ増幅器の利得を等化する利得等化器として好適に用いられ得る。

## 【 0 0 0 4 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の傾斜型回折格子素子2の損失特性は偏波依存性を有して

いる。すなわち、直線Aと光軸とがなす偏角面M（図7中のx y平面）に平行な偏波面を有する偏波モードと、偏角面Mに垂直な偏波面を有する偏波モードとは、損失特性が相違している。

#### 【0005】

そこで、このような偏波依存損失を低減する為に、例えば、従来の傾斜型回折格子素子を光軸回りに捻回させることで長手方向に沿って偏角面を回転させることが考えられる。また、複数の屈折率変調部を接続するとともに長手方向に沿って各々の偏角面を異なるものとするとも考えられる。このようにすれば、長手方向の或る位置および他の位置それぞれにおける偏波依存損失が互いに相殺されて、偏波依存損失が低減され得る。

#### 【0006】

しかし、傾斜型回折格子素子を捻回させる場合には、光ファイバがガラスからなるものであって脆弱であることから、偏波依存損失を低減するには、屈折率変調部が長いことが必要である。また、複数の屈折率変調部を接続する場合には、融着接続のために余長部が必要となることから、屈折率変調部が全体として長くなってしまふ。何れにしても、従来の傾斜型回折格子素子は、短尺で偏波依存損失を低減することができない。

#### 【0007】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、短尺であって偏波依存損失が低減された光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）およびその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光導波路型回折格子素子は、(1) 光導波路の長手方向に沿ってN（Nは2以上の整数）個の屈折率変調部が形成されており、(2) N個の屈折率変調部それぞれの屈折率等位面に垂直な直線が光導波路の光軸と平行でなく、(3) N個の屈折率変調部それぞれの屈折率等位面に垂直な直線と光導波路の光軸とがなす偏角面が互いに一致しておらず、(4) N個の屈折率変調部のうちの何れか2つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なっているこ



とを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明に係る光導波路型回折格子素子製造方法は、(1) 光導波路の長手方向に沿って  $N$  ( $N$  は 2 以上の整数) 個の屈折率変調部を、屈折率等位面に垂直な直線が光導波路の光軸と平行とならないようにして順次に形成するとともに、(2) 第  $n$  ( $n$  は 2 以上  $N$  以下の整数) 番目の屈折率変調部を形成する際に、屈折率等位面に垂直な直線と光導波路の光軸とがなす偏角面が、既に形成した第 1 番目～第  $(n-1)$  番目の屈折率変調部それぞれの偏角面の何れとも一致しないようにし、(3)  $N$  個の屈折率変調部のうちの何れか 2 つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なるようにして、光導波路型回折格子素子を製造することを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

本発明に係る光導波路型回折格子素子、および、本発明に係る光導波路型回折格子素子製造方法により製造される光導波路型回折格子素子は、 $N$  個の屈折率変調部が形成されていて、各屈折率変調部の屈折率等位面に垂直な直線が光導波路の光軸と平行でなく、各屈折率変調部の偏角面が互いに一致しておらず、何れか 2 つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なっている。このように構成されることで、光導波路型回折格子素子は、短尺であって、偏波依存損失が低減されたものとなる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明に係る光導波路型回折格子素子は、 $N$  個の屈折率変調部それぞれの偏角面が光導波路の光軸の回りに  $180^\circ/N$  ずつずれていることを特徴とする。本発明に係る光導波路型回折格子素子製造方法は、 $N$  個の屈折率変調部それぞれの偏角面を光導波路の光軸の回りに  $180^\circ/N$  ずつずらして、光導波路型回折格子素子を製造することを特徴とする。この場合には、光導波路型回折格子素子は、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明に係る光導波路型回折格子素子では、 $N$  個の屈折率変調部それぞれは、屈折率等位面に垂直な直線と光導波路の光軸とがなす角度が互いに同一で

あり、光導波路の長手方向に沿った形成領域の長さが互いに同一であり、屈折率変調周期が互いに同一であり、屈折率変調振幅が互いに同一であることを特徴とする。本発明に係る光導波路型回折格子素子製造方法は、N個の屈折率変調部それぞれを形成する際に、屈折率等位面に垂直な直線と光導波路の光軸とがなす角度を互いに同一にし、光導波路の長手方向に沿った形成領域の長さを互いに同一し、屈折率変調周期を互いに同一にし、屈折率変調振幅を互いに同一にすることを特徴とする。この場合にも、光導波路型回折格子素子は、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

## 【 0 0 1 3 】

また、本発明に係る光導波路型回折格子素子は、透過損失が最大となる波長において偏波依存損失が透過損失最大値の  $1/10$  以下であることを特徴とする。この場合には、光導波路型回折格子素子は、光通信の分野で偏波依存損失が小さいことが要求される光学装置（またはその一部）として好適に用いられる。

## 【 0 0 1 4 】

また、本発明に係る光導波路型回折格子素子製造方法は、透過損失をモニタしながらN個の屈折率変調部それぞれを形成することを特徴とする。或いは、偏波依存損失をモニタしながらN個の屈折率変調部それぞれを形成することを特徴とする。この場合には、製造される光導波路型回折格子素子は、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

## 【 0 0 1 5 】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

## 【 0 0 1 6 】

図1は、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）1の説明図である。この図には、光軸を含む面で切断したときの断面図、および、光軸に垂直な面で切断したときの断面図が示されている。この図に示される本実施形態に係る傾斜型回折格子素子1は、光導波路である光ファイバ10の長手方向に沿って、N（Nは2以上の整数）個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$  が形成され

ている。光ファイバ 10 は、石英ガラスをベースとするものであって、 $\text{GeO}_2$  が添加されたコア領域 11 と、このコア領域 11 を取り囲むクラッド領域 12 とを含む。

## 【 0 0 1 7 】

各屈折率変調部  $13_n$  ( $n$  は 1 以上  $N$  以下の任意の整数) について、屈折率が等位となる屈折率等位面を  $L_n$  と表し、屈折率等位面  $L_n$  に垂直であって光ファイバ 10 の光軸 ( $x$  軸) と交わる直線を  $A_n$  と表し、直線  $A_n$  と光軸とがなす角度を  $\theta_n$  と表し、直線  $A_n$  と光軸とがなす偏角面を  $M_n$  と表す。

## 【 0 0 1 8 】

各屈折率変調部  $13_n$  は、直線  $A_n$  が光軸と平行でなく、直線  $A_n$  と光軸とがなす角度  $\theta_n$  が 0 でない。すなわち、各屈折率変調部  $13_n$  は、光軸に対して角度  $\theta_n$  だけ傾斜した直線  $A_n$  に沿って周期  $\Lambda_n$  の屈折率変調がコア領域 11 に形成されたものである。また、各屈折率変調部  $13_n$  の偏角面  $M_n$  は互いに一致していない。すなわち、 $N$  個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$  のうちの任意の 2 つの屈折率変調部  $13_{n1}$ ,  $13_{n2}$  を取り上げたときに、偏角面  $M_{n1}$  と偏角面  $M_{n2}$  とは一致していない。

## 【 0 0 1 9 】

$N$  個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$  のうちの何れか 2 つの屈折率変調部  $13_{n1}$ ,  $13_{n2}$  それぞれの形成領域は、互いに少なくとも一部が重なっている。図では、例えば、屈折率変調部  $13_1$  の形成領域は、屈折率変調部  $13_2$  の形成領域と一部が重なっており、屈折率変調部  $13_3$  の形成領域とも一部が重なっており、また、屈折率変調部  $13_N$  の形成領域とも一部が重なっている。また、 $N$  個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$  それぞれの形成領域は全て一致しているのが好適である。

## 【 0 0 2 0 】

このように、本実施形態に係る傾斜型回折格子素子 1 は、 $N$  個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$  が形成されていて、各屈折率変調部  $13_n$  の角度  $\theta_n$  が 0 でなく、各屈折率変調部  $13_n$  の偏角面  $M_n$  が互いに一致しておらず、何れか 2 つの屈折率変調部  $13_{n1}$ ,  $13_{n2}$  それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なっている。このように構成された傾斜型回折格子素子 1 は、短尺であって、偏波依存損失

が低減されたものとなる。

#### 【 0 0 2 1 】

また、 $N$ 個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$ それぞれの偏角面  $M_1 \sim M_N$ は、光ファイバ 10の光軸の回りに  $180^\circ / N$ ずつずれているのが好適である。例えば、 $N = 2$ であれば、偏角面  $M_1$ と偏角面  $M_2$ とは互いに直交している。また、例えば、 $N = 3$ であれば、偏角面  $M_1 \sim M_3$ は光ファイバ 10の光軸の回りに  $60^\circ$ ずつずれている。このように偏角面  $M_1 \sim M_N$ が配置されることにより、傾斜型回折格子素子 1は、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

#### 【 0 0 2 2 】

また、 $N$ 個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$ それぞれは、直線  $A_n$ と光軸とがなす角度  $\theta_n$ が互いに同一であり、光ファイバ 10の長手方向に沿った形成領域の長さ  $D_n$ が互いに同一であり、屈折率変調周期が互いに同一であり、屈折率変調振幅が互いに同一であるのが好適である。このように各屈折率変調部  $13_n$ が形成されることにより、傾斜型回折格子素子 1は、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

#### 【 0 0 2 3 】

そして、本実施形態に係る傾斜型回折格子素子 1は、透過損失が最大となる波長において、偏波依存損失が透過損失最大値の  $1/10$ 以下であるのが好適である。このような傾斜型回折格子素子 1は、光通信の分野で偏波依存損失が小さいことが要求される光学装置（またはその一部）として好適に用いられ、例えば光ファイバ増幅器の利得を等化する利得等化器として好適に用いられ得る。

#### 【 0 0 2 4 】

次に、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）1の製造方法について説明する。図2および図3は、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子製造方法を説明するための図である。図2は斜視図であり、図3は光軸に垂直な面で切断したときの断面図である。

#### 【 0 0 2 5 】

初めに、光ファイバ 10、位相格子マスク 20および光源 30が用意される。光ファイバ 10は、上述したように、石英ガラスをベースとするものであって、

$\text{GeO}_2$ が添加されたコア領域11と、このコア領域11を取り囲むクラッド領域12とを含むものである。位相格子マスク20は、石英ガラス平板の一方の面に周期 $2\Lambda$ の溝状凹凸からなる位相格子が形成されたものである。光源30は、光ファイバ10のコア領域11の屈折率変化を誘起せしめる波長の光（以下「屈折率変化誘起光」という。）を出力するものであり、例えば、波長 $248\text{nm}$ のレーザ光を屈折率変化誘起光として出力するKrFエキシマレーザ光源が用いられる。

#### 【0026】

そして、図2に示されるように、位相格子マスク20は、光ファイバ10の側方に、位相格子が形成された面が光ファイバ10に対向するように配置される。また、このとき、位相格子マスク20の位相格子における溝方向は、光ファイバ10の光軸に垂直な面に対して角度 $\theta_1$ だけ傾斜している。このように両者が配置された状態で、光源30から出力された屈折率変化誘起光UVは、位相格子マスク20に対して垂直に照射される。この屈折率変化誘起光UVの照射に伴い、位相格子マスク20の回折作用により+1次回折光と-1次回折光とが生じ、これら+1次回折光と-1次回折光とが互いに干渉して、周期 $\Lambda$ の干渉縞が生じる。光ファイバ10の $\text{GeO}_2$ が添加されたコア領域11では、干渉縞の各位置における屈折率変化誘起光のエネルギーの大きさに応じて屈折率が上昇するので、これにより屈折率変調部13<sub>1</sub>が形成される。この屈折率変調部13<sub>1</sub>は、屈折率等位面 $L_1$ に垂直であって光ファイバ10の光軸と交わる直線を $A_1$ としたときに、この直線 $A_1$ と光軸とがなす角度が $\theta_1$ であり、直線 $A_1$ と光軸とがなす偏角面 $M_1$ が位相格子マスク20の面に平行である（図2および図3（a）参照）。

#### 【0027】

このように図3（a）に示された配置状態で屈折率変化誘起光UVが一定時間だけ照射されることで第1番目の屈折率変調部13<sub>1</sub>が形成される。形成後、屈折率変化誘起光UVの照射が中断され、その間に光ファイバ10が一定角度だけ光軸回りに回転されて、図3（b）に示された配置状態となる。そして、図3（b）に示された配置状態で屈折率変化誘起光UVが一定時間だけ照射されることで第2番目の屈折率変調部13<sub>2</sub>が形成される。このようにして形成された第2

番目の屈折率変調部  $13_2$  は、屈折率等位面  $L_2$  に垂直であって光ファイバ 10 の光軸と交わる直線を  $A_2$  としたときに、この直線  $A_2$  と光軸とがなす角度が  $\theta_2$  であり、直線  $A_2$  と光軸とがなす偏角面  $M_2$  が位相格子マスク 20 の面に平行である。第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  の偏角面  $M_2$  は、既に形成された第 1 番目の屈折率変調部  $13_1$  の偏角面  $M_1$  と一致していない。

## 【 0 0 2 8 】

さらに、第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  の形成後、屈折率変化誘起光 UV の照射が中断され、その間に光ファイバ 10 が一定角度だけ光軸回りに回転されて、図 3 (c) に示された配置状態となる。そして、図 3 (c) に示された配置状態で屈折率変化誘起光 UV が一定時間だけ照射されることで第 3 番目の屈折率変調部  $13_3$  が形成される。このようにして形成された第 3 番目の屈折率変調部  $13_3$  は、屈折率等位面  $L_3$  に垂直であって光ファイバ 10 の光軸と交わる直線を  $A_3$  としたときに、この直線  $A_3$  と光軸とがなす角度が  $\theta_3$  であり、直線  $A_3$  と光軸とがなす偏角面  $M_3$  が位相格子マスク 20 の面に平行である。第 3 番目の屈折率変調部  $13_3$  の偏角面  $M_3$  は、既に形成された第 1 番目の屈折率変調部  $13_1$  の偏角面  $M_1$  と一致しておらず、また、既に形成された第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  の偏角面  $M_2$  ととも一致していない。

## 【 0 0 2 9 】

以降も同様にして、第 4 番目～第 N 番目の屈折率変調部  $13_4 \sim 13_N$  が順次に形成される。第 N 番目の屈折率変調部  $13_N$  の形成の際には、図 3 (d) に示された配置状態で屈折率変化誘起光 UV が一定時間だけ照射されることで第 N 番目の屈折率変調部  $13_N$  が形成される。このようにして形成された第 N 番目の屈折率変調部  $13_N$  は、屈折率等位面  $L_N$  に垂直であって光ファイバ 10 の光軸と交わる直線を  $A_N$  としたときに、この直線  $A_N$  と光軸とがなす角度が  $\theta_N$  であり、直線  $A_N$  と光軸とがなす偏角面  $M_N$  が位相格子マスク 20 の面に平行である。第 N 番目の屈折率変調部  $13_N$  の偏角面  $M_N$  は、既に形成された第 1 番目～第 (N-1) 番目の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_{N-1}$  の偏角面  $M_1 \sim M_{N-1}$  の何れとも一致していない。

## 【 0 0 3 0 】

なお、位相格子マスク 20 が位置固定のままであれば各  $\theta_n$  は全て同一値であ

るが、位相格子マスク 20 がその面上で回転されることにより各  $\theta_n$  は異なるものとすることができる。また、1つの位相格子マスク 20 が用いられれば、各屈折率変調部 13<sub>n</sub> において直線 A<sub>n</sub> に沿った屈折率変調周期は全て同一値であるが、異なる位相格子周期の位相格子マスクに交換されることで、各屈折率変調部 13<sub>n</sub> において直線 A<sub>n</sub> に沿った屈折率変調周期は異なるものとすることができる。

## 【0031】

このように、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子製造方法では、N個の屈折率変調部 13<sub>1</sub> ~ 13<sub>N</sub> は、光ファイバ 10 の長手方向に沿って、屈折率等位面 L<sub>n</sub> に垂直な直線 A<sub>n</sub> が光ファイバ 10 の光軸と平行とならない（すなわち角度  $\theta_n \neq 0$  となる）ようにして順次に形成される。また、第 n 番目の屈折率変調部 13<sub>n</sub> を形成する際に、その偏角面 M<sub>n</sub> が、既に形成された第 1 番目 ~ 第 (n-1) 番目の屈折率変調部 13<sub>1</sub> ~ 13<sub>n-1</sub> それぞれの偏角面 M<sub>1</sub> ~ M<sub>n-1</sub> の何れとも一致しないようにされる。さらに、N個の屈折率変調部 13<sub>1</sub> ~ 13<sub>N</sub> のうちの何れか 2つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なるように形成される。このようにして、本実施形態に係る傾斜型回折格子素子 1 が製造される。

## 【0032】

特に、第 (n-1) 番目の屈折率変調部 13<sub>n-1</sub> が形成された後に、光ファイバ 10 が一定角度  $180/N$  だけ光軸回りに回転されて、第 n 番目の屈折率変調部 13<sub>n</sub> が形成されるのが好適である。このようにして製造される傾斜型回折格子素子 1 は、N個の屈折率変調部 13<sub>1</sub> ~ 13<sub>N</sub> それぞれの偏角面 M<sub>1</sub> ~ M<sub>N</sub> が光ファイバ 10 の光軸の回りに  $180/N$  ずつずれているので、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

## 【0033】

また、各屈折率変調部 13<sub>n</sub> を形成する際に、屈折率等位面 L<sub>n</sub> に垂直な直線 A<sub>n</sub> と光ファイバ 10 の光軸とがなす角度 A<sub>n</sub> を互いに同一にし、光ファイバ 10 の長手方向に沿った形成領域の長さ D<sub>n</sub> を互いに同一し、屈折率変調周期を互いに同一にし、屈折率変調振幅を互いに同一にするのが好適である。このようにして製造される傾斜型回折格子素子 1 は、偏波依存損失が効率よく低減されたものと

なる。

#### 【 0 0 3 4 】

また、各屈折率変調部  $13_n$  を形成する際に、製造途中の傾斜型回折格子素子 1 の透過損失または偏波依存損失をモニタするのが好適である。このようにすることで、製造される傾斜型回折格子素子 1 は、偏波依存損失が効率よく低減されたものとなる。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、本実施形態に係る光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子） 1 およびその製造方法の実施例について説明する。本実施例では、光ファイバ 10 は、コア領域 11 だけでなくクラッド領域 12 にも  $\text{GeO}_2$  が添加されたものであった。位相格子マスク 20 は、一定周期ではなく、溝方向に垂直な方向に沿って周期が次第に変化していて、中心周期が  $1.0650\text{ }\mu\text{m}$  であり、周期変化率が  $10.0\text{ nm/cm}$  であった。光源 30 は、波長  $248\text{ nm}$  のレーザ光を屈折率変化誘起光として出力する KrF エキシマレーザ光源が用いられた。

#### 【 0 0 3 6 】

そして、製造された本実施例の傾斜型回折格子素子 1 は、2 つの屈折率変調部  $13_1$ 、 $13_2$  を有するものであった。2 つの屈折率変調部  $13_1$ 、 $13_2$  それぞれは、形成領域の長さが  $5\text{ mm}$  であり、互いに全く重ねられて形成された。屈折率変調部  $13_1$  の偏角面  $M_1$  と屈折率変調部  $13_2$  の偏角面  $M_2$  とは互いに直交するものであった。

#### 【 0 0 3 7 】

本実施例の製造方法では、初めに第 1 番目の屈折率変調部  $13_1$  が形成され、その後、屈折率変化誘起光 UV の照射が中断されている間に光ファイバ 10 が 90 だけ光軸回りに回転されて、続いて第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  が形成された。また、2 つの屈折率変調部  $13_1$ 、 $13_2$  それぞれの形成の際に、製造途中の傾斜型回折格子素子 1 の透過損失がモニタされた。

#### 【 0 0 3 8 】

本実施例では、透過損失が最大となる波長における透過損失の目標値は  $1\text{ dB}$  とされた。そして、第 1 番目の屈折率変調部  $13_1$  の形成の際には、モニタされ



た透過損失が目標値の $1/2$  ( $0.5 \text{ dB}$ ) となった時点で、屈折率変化誘起光 UV の照射が中断された。また、続く第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  の形成の際には、モニタされた透過損失が目標値 ( $1 \text{ dB}$ ) となった時点で、屈折率変化誘起光 UV の照射が終了された。図 4 (a) は、第 1 番目の屈折率変調部  $13_1$  の形成終了時点での透過特性を示す図であり、図 4 (b) は、第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  の形成終了時点での透過特性を示す図である。この図に示されるように、本実施例の傾斜型回折格子素子 1 の透過損失の最大値は、第 1 番目の屈折率変調部  $13_1$  の形成終了時点では  $0.5 \text{ dB}$  であり、第 2 番目の屈折率変調部  $13_2$  の形成終了時点では  $1.0 \text{ dB}$  であった。

## 【0039】

図 5 (a) は、本実施例の傾斜型回折格子素子の透過特性を示す図であり、図 5 (b) は、本実施例の傾斜型回折格子素子の偏波依存損失特性を示す図である。また、図 6 (a) は、比較例の傾斜型回折格子素子の透過特性を示す図であり、図 6 (b) は、比較例の傾斜型回折格子素子の偏波依存損失特性を示す図である。ここで、比較例の傾斜型回折格子素子は、重ね書きされることなく 1 つの屈折率変調部のみを有するものであった。

## 【0040】

図 5 (a) と図 6 (a) とを比較して判るように、本実施例の傾斜型回折格子素子および比較例の傾斜型回折格子素子それぞれは、透過スペクトルの形状が互いに似ており、何れも透過損失の最大値が  $0.6 \text{ dB}$  程度であった。しかし、図 5 (b) と図 6 (b) とを比較して判るように、比較例の傾斜型回折格子素子の偏波依存損失の最大値は  $0.125 \text{ dB}$  程度であるのに対して、本実施例の傾斜型回折格子素子の偏波依存損失の最大値は  $0.03 \text{ dB}$  程度であった。本実施例の傾斜型回折格子素子の偏波依存損失の最大値は、比較例の傾斜型回折格子素子の偏波依存損失の最大値と比較して約  $1/4$  であり、また、本実施例の傾斜型回折格子素子の透過損失の最大値と比較して約  $1/20$  であった。

## 【0041】

## 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、 $N$  ( $N$  は 2 以上の整数) 個の

屈折率変調部が形成されていて、各屈折率変調部の屈折率等位面に垂直な直線が光導波路の光軸と平行でなく、各屈折率変調部の偏角面が互いに一致しておらず、何れか2つの屈折率変調部それぞれの形成領域が互いに少なくとも一部が重なっている。このように構成される光導波路型回折格子素子は、短尺であって、偏波依存損失が低減されたものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）の説明図である。

【図2】

本実施形態に係る光導波路型回折格子素子製造方法を説明するための斜視図である。

【図3】

本実施形態に係る光導波路型回折格子素子製造方法を説明するための断面図である。

【図4】

本実施例の光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）の透過特性を示す図である。図（a）は第1番目の屈折率変調部の形成終了時点での透過特性を示す図であり、図（b）は第2番目の屈折率変調部の形成終了時点での透過特性を示す図である。

【図5】

本実施例の光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）の透過特性および偏波依存損失特性を示す図である。

【図6】

比較例の光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）の透過特性および偏波依存損失特性を示す図である。

【図7】

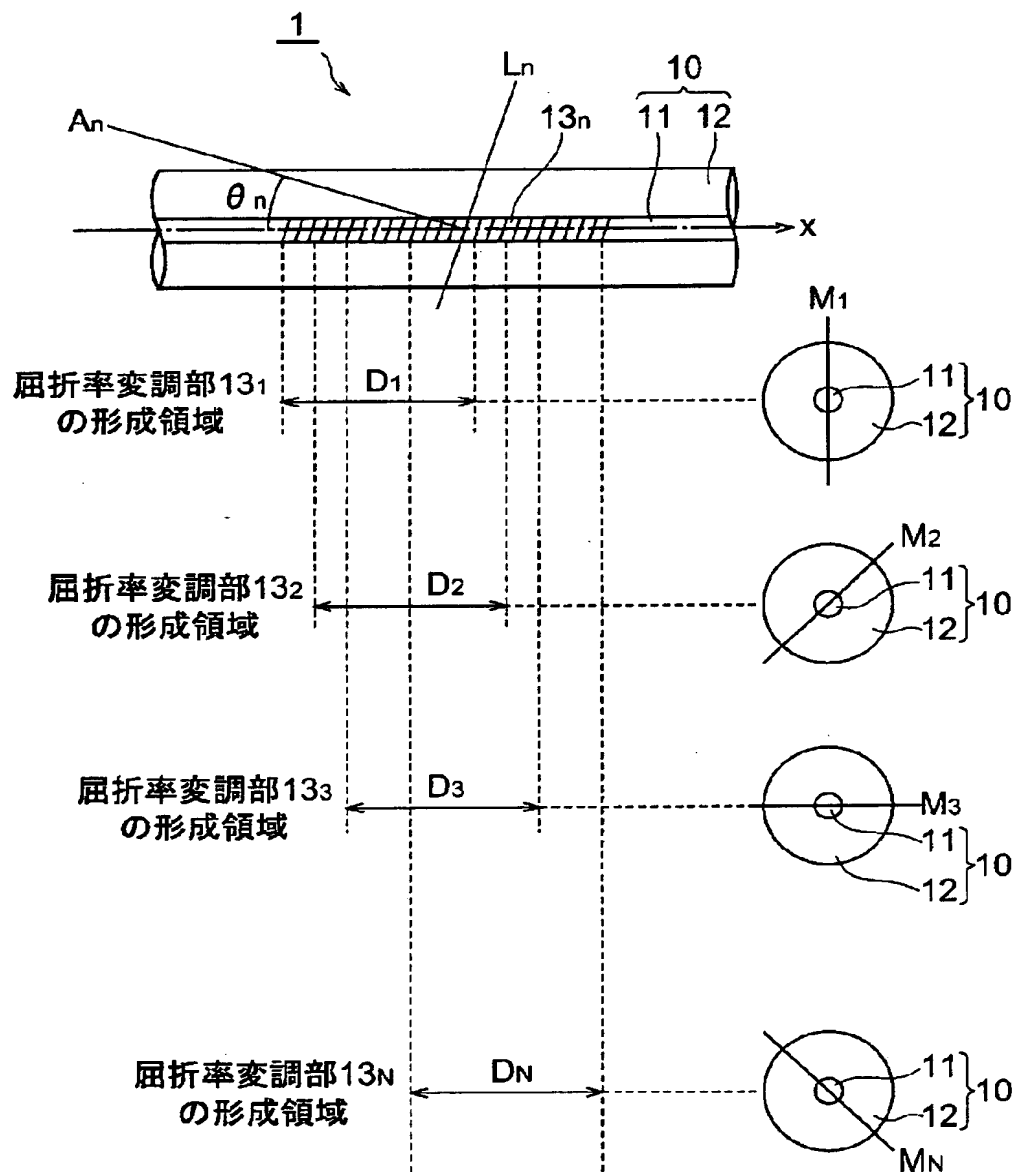
従来の傾斜型回折格子素子の説明図である。

【符号の説明】

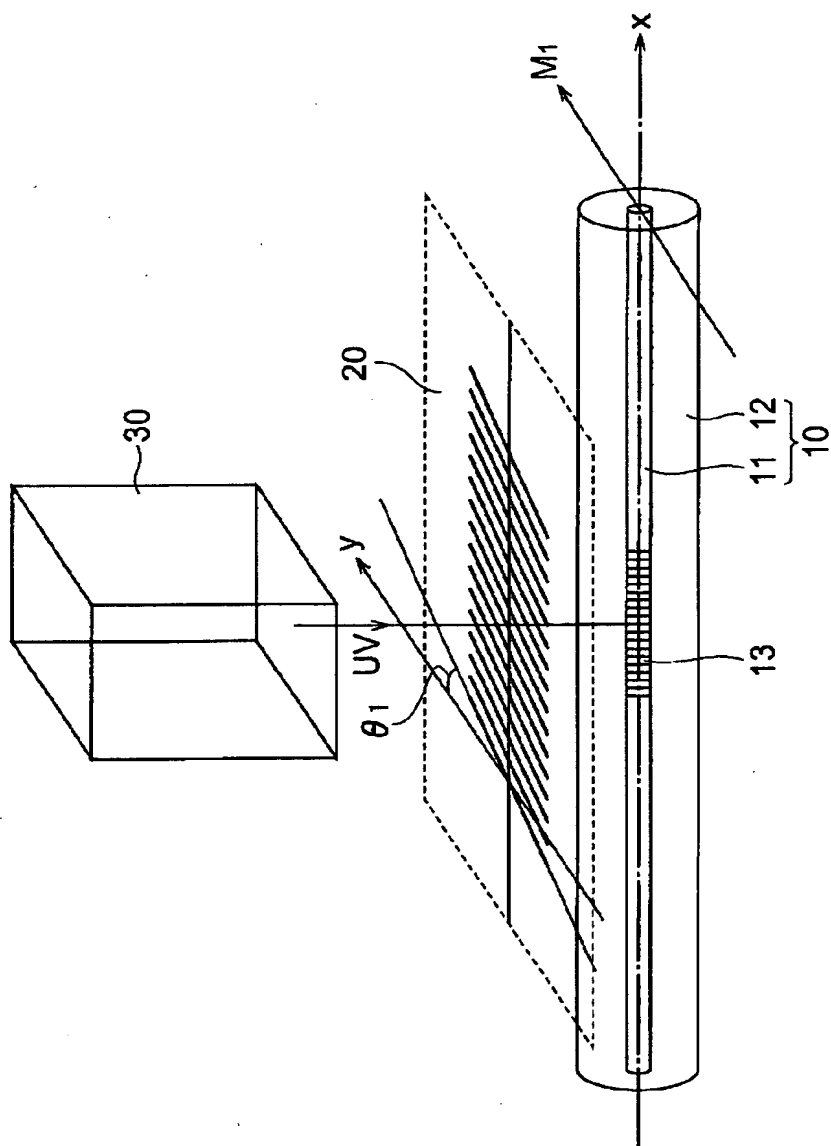
1 … 光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）、1 0 … 光ファイバ、1  
1 … コア領域、1 2 … クラッド領域、 $1 3_1 \sim 1 3_N$  … 屈折率変調部。

【書類名】 図面

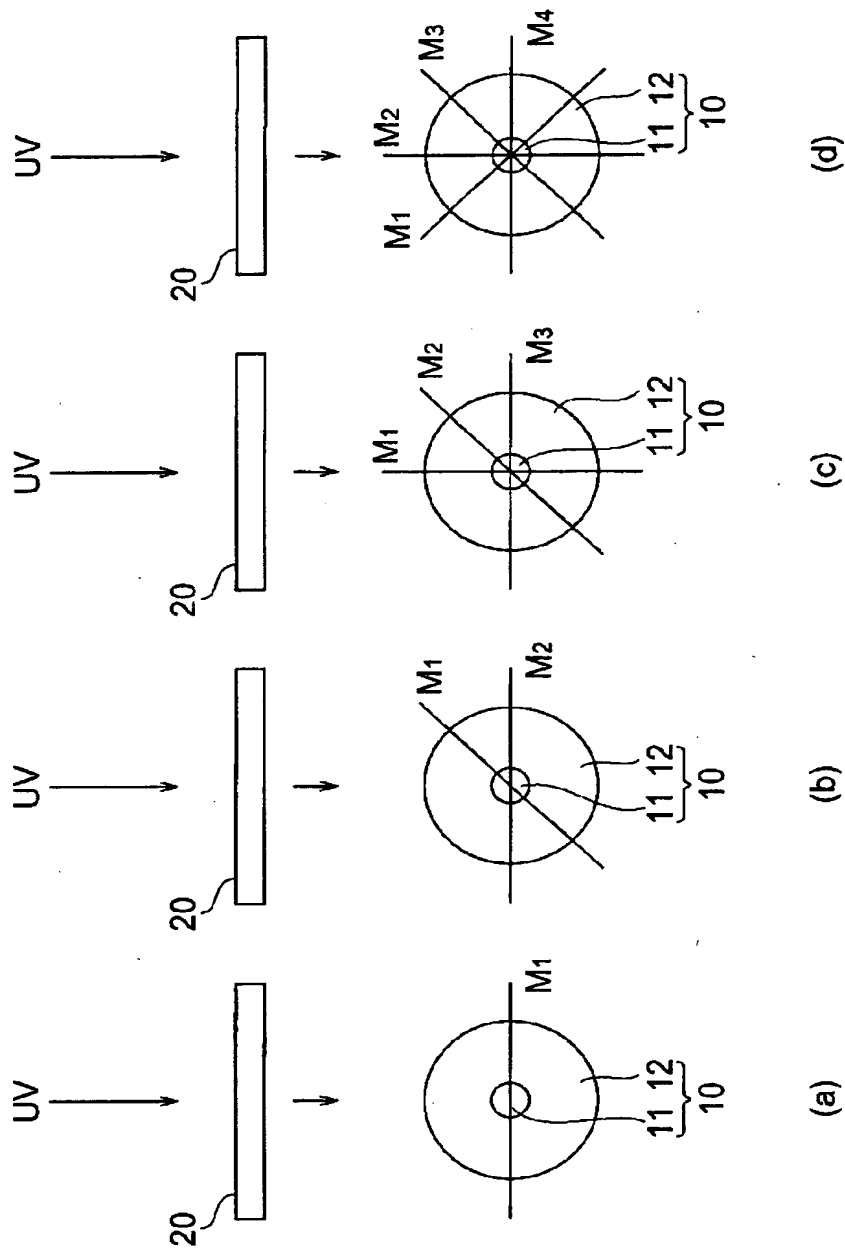
【図 1】



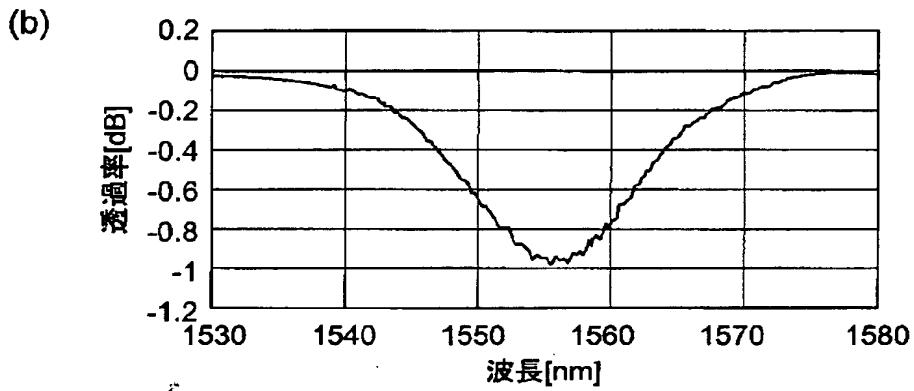
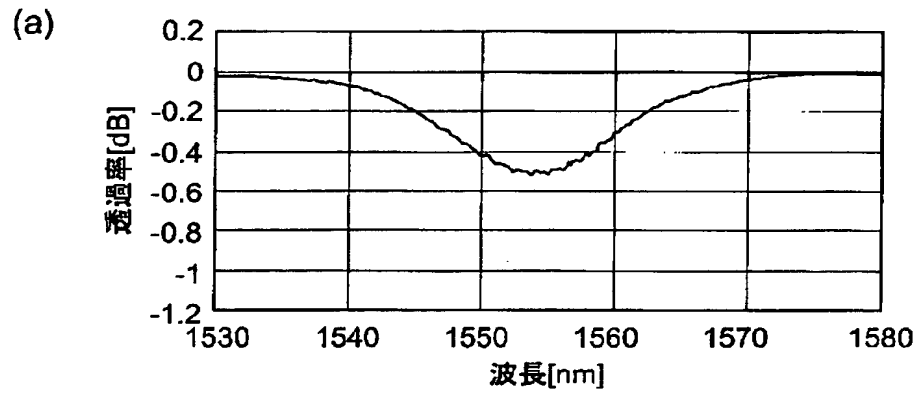
【図 2】



【図 3】

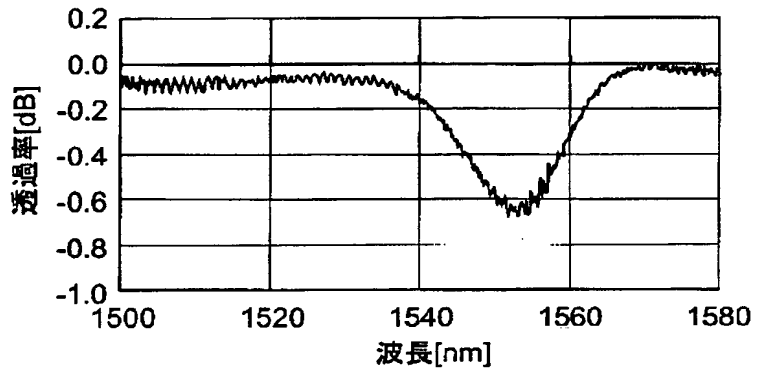


【図 4】

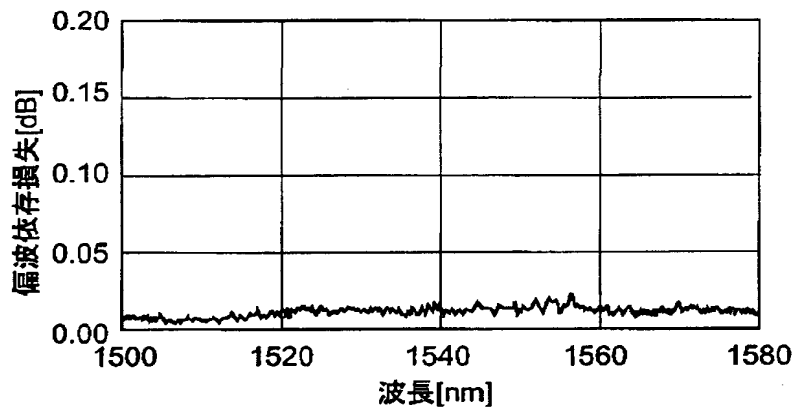


【図 5】

(a)

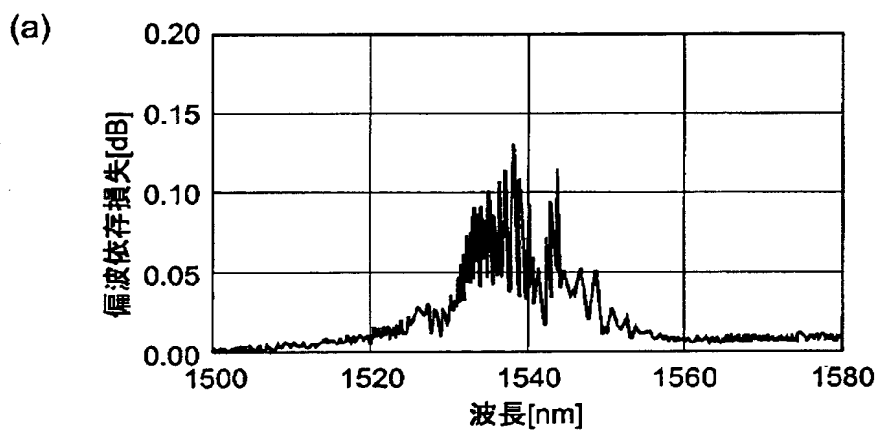
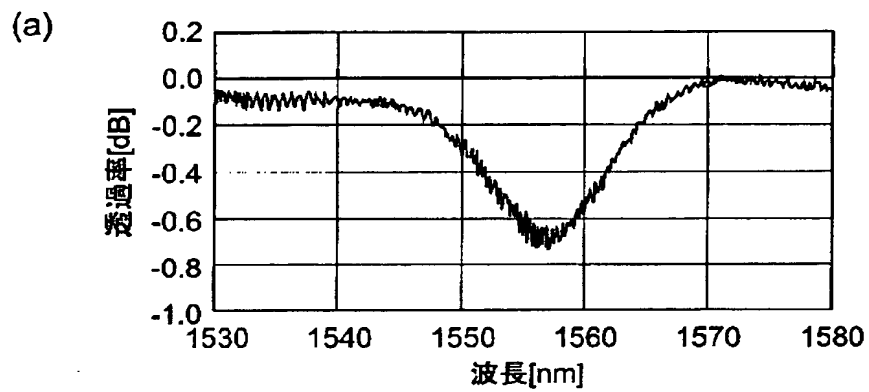


(a)

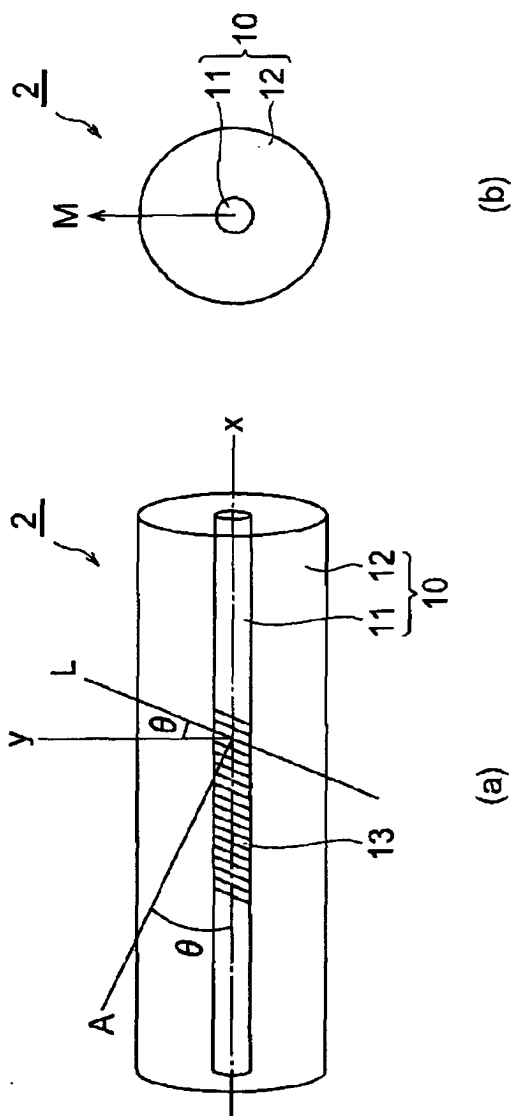




【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短尺であって偏波依存損失が低減された光導波路型回折格子素子（傾斜型回折格子素子）およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 各屈折率変調部  $13_n$  について、屈折率が等位となる屈折率等位面を  $L_n$  と表し、屈折率等位面  $L_n$  に垂直であって光ファイバ 10 の光軸（ $x$  軸）と交わる直線を  $A_n$  と表し、直線  $A_n$  と光軸とがなす角度を  $\theta_n$  と表し、直線  $A_n$  と光軸とがなす偏角面を  $M_n$  と表す（ $n = 1 \sim N$ ）。このとき、各屈折率変調部  $13_n$  は、直線  $A_n$  が光軸と平行でなく、直線  $A_n$  と光軸とがなす角度  $\theta_n$  が 0 でない。また、各屈折率変調部  $13_n$  の偏角面  $M_n$  は互いに一致していない。N 個の屈折率変調部  $13_1 \sim 13_N$  のうちの何れか 2 つの屈折率変調部  $13_{n1}$ ,  $13_{n2}$  それぞれの形成領域は、互いに少なくとも一部が重なっている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社